

УДК 57.087.1

*Є.О. Бурковський, студент гр. ПБ-82*  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

## **ВИКОРИСТАННЯ СИГНАЛІВ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАМИ ДЛЯ БІОМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ**

**Анотація** Автоматизована ідентифікація з використанням біометричної аутентифікації має високий рівень захисту, так як оцінює фізичні параметри і характеристики конкретної людини, що робить такий контроль доступу більш надійним. Динамічні біометричні ідентифікатори не можуть бути передані третім особам або бути скопійовані для обходу систем захисту. В даній статті буде розглянуто метод біометричної ідентифікації людини шляхом вимірювання або оцінки фізіологічних характеристик роботи серця за допомогою сигналу фотоплетизмографії та обрано найбільш зручний алгоритм виділення ознак сигналу фотоплетизмограми для подальшого застосування з метою біометричної ідентифікації особи.

**Ключові слова :** фотоплетизмограма, фоторезистор, пульсометр, біометрія, ідентифікація, сигнал.

### **ВСТУП**

Кожна людина має свої унікальні характеристики, що дозволило використовувати бази біометричних даних для ідентифікації особистості, які поділяються на два покоління: перше (наприклад відбитки пальців, підпис та голос) і друге, яке в свою чергу базується на основі біосигналів (електрокардіограма, енцефалограма, фотоплетизмограма). Параметри другого покоління використовують анатомічну діяльність будь-якого органу людини, що супроводжується певними циклічними змінами й утворює унікальний біометричний сигнал [1,2], що залишається незмінними та який неможливо копіювати, втратити чи замінити. Серед всіх біометричних характеристик фотоплетизмограма (ФПГ) має перевагу, так як отримати її найпростіше, оскільки датчики мають малі габарити, простоту установки, не вимагають використання контактного гелю, додаткових електродів і зовнішніх подразників. Дослідження питання використання сигналів ФПГ для біометричної ідентифікації є особливо актуальним в період пандемії. Оскільки мінімізація втручань в діагностичний процес медичного персоналу, знизить ризик розповсюдження вірусу, шляхом зменшення контакту молодшого медперсоналу з пацієнтами.

### **ПОСТАНОВКА ЦІЛІ**

ФПГ сигнал є відносно новим явищем у біометрії, тому є необхідність у детальному його вивченні та визначенні способів виділення ознак та методів ідентифікації особи за його допомоги. ФПГ відображає особливості гемодинаміки та серцево-судинної системи для кожної людини та дозволяє вимірювати об'ємний пульс крові, який викликаний періодичною зміною кров'яного обсягу при кожному ударі серця, частоту серцебиття, варіабельність серцевого ритму [1]. Точки однієї ітерації ФПГ сигналу В1, В2, В3, В4, В5 (рис.1) називаються основними кодуючими точками об'ємного пульсу, за допомогою яких визначаються параметри пульсової хвилі (період скорочення серця, амплітуда і тривалість анакротичної й дикротичної складових та інші важливі показники, які дозволяють краще оцінити стан і роботу серцево-судинної системи пацієнта).

Існує проблема в недосконалості методів обробки сигналів ФПГ. Саме тому в цій роботі буде проаналізовані вже існуючі методи обробки такого сигналу та виділено найбільш вдалий для подальших досліджень.

## ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Неінвазивна реєстрації сигналу ФПГ відбувається шляхом використання датчиків фотоплетизмограми, в яких фотодетектор (рис.2 а,б) змінює опір залежно від кількості поглиненого світла. Чим більше кров'яний потік, тим більше світла поглинається еритроцитами в тканинах організму, отже менше світла приходить на фотодетектор [2].

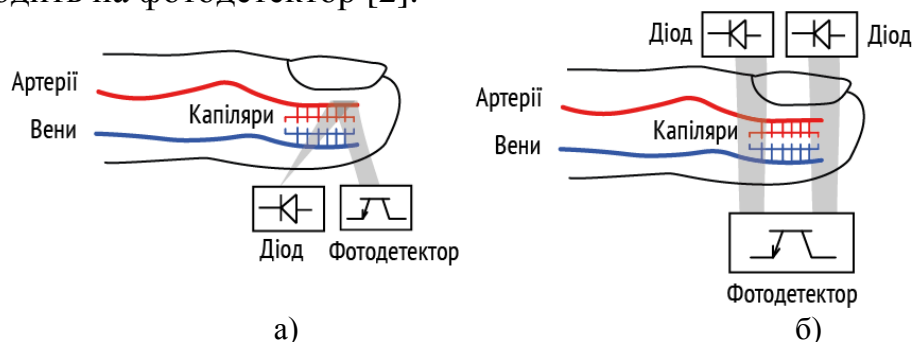


Рисунок 2. Принципова схема реєстрація ФПГ сигналу:  
а) у відбитому світлі, б) у світло, що пройшло

Світло, що створюється фотодіодами комутуються з частотою близько 1000 Гц і за допомогою фотоприймача перетворює інтенсивність ослабленого тканинами "червоного" й "інфрачервоного" випромінювання в електричний сигнал. Світлодіоди працюють в межах  $660 \pm 5$  нм (для червоного діапазону) і  $940 \pm 10$  нм (для інфрачервоного діапазону) [3].

Оптимальним рішенням для проведення дослідження є використання датчику МАХ86150, який є досить мобільним. Це робить його простим у використанні та легко інтегрованим в автоматизовані системи [4].

## АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ФПГ СИГНАЛУ

Існує безліч методів, заснованих на опорних точках сигналу ФПГ, де функції витягуються з систолічних та діастолічних піків, дикротичних виїмок,

міжімпульсних інтервалів, амплітуд піків, що мають основний недолік, а саме високу чутливість до шуму й низьку надійність [4].

Наведено деякі існуючі алгоритми розпізнавання ФПГ сигналу. Алгоритм процедури розпізнавання ФПГ сигналу за допомогою пульсометру показано на рис.3.



Рисунок 3. Алгоритм розпізнавання ФПГ сигналу за допомогою пульсометру [5]

Необроблені дані ФПГ повторно представляються шляхом сканування зсувного вікна. Остаточні дискримінаційні ознаки генеруються з повторно представлених даних ФПГ. Процедура класифікації виконується за кінцевими ознаками [4]. Схема потоку біометричного розпізнавання ФПГ із використанням запропонованої системи представлена на рис.4.

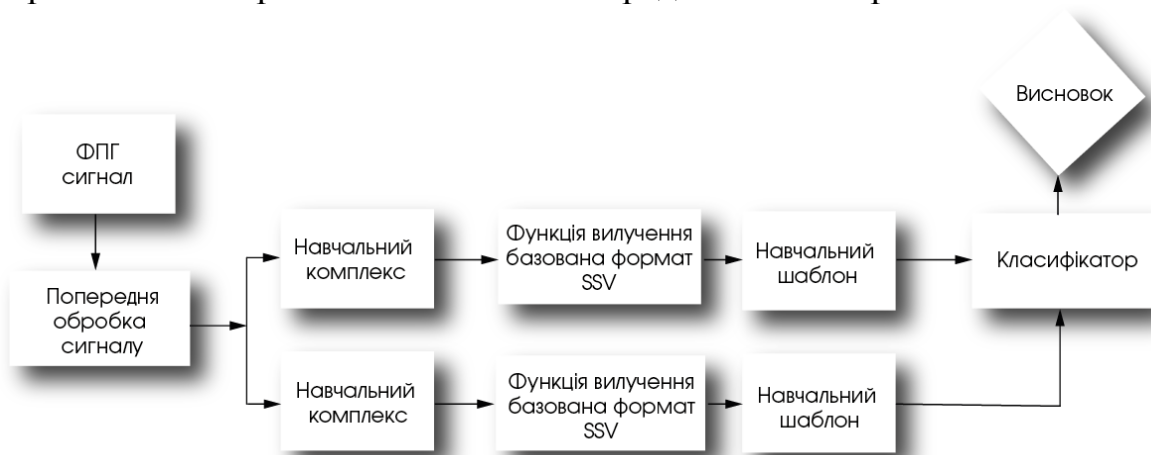


Рисунок 4. Алгоритм розпізнавання ФПГ сигналу [6]

Ще один метод, де попередня обробка спрямована на адаптацію сигналу для зменшення проблем якості, як правило пов'язаних із отриманням та вилученням функцій, шукаючи найбільш репрезентативні характеристики сигналу для створення шаблону предмета. Для реєстрації створюється база даних, де зберігаються шаблони авторизованих користувачів. Для тестування потрібне узгодження, чи має користувач дозвіл, залежно від схожості його шаблону із шаблоном у базі даних [6].

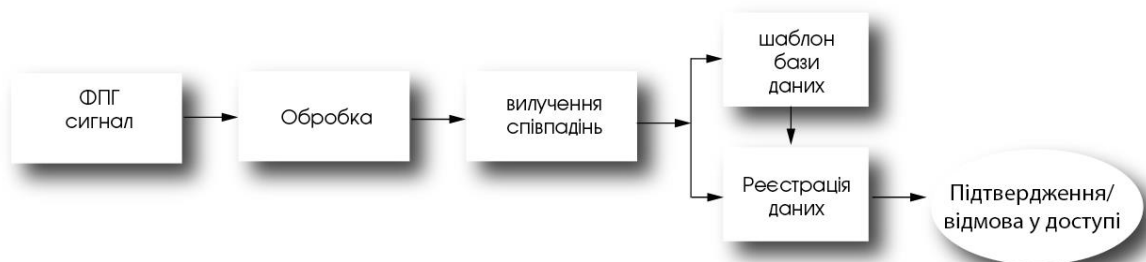


Рисунок 5. Алгоритм розпізнавання ФПГ сигналу [7]

Спочатку з датчику отримуємо сирий сигнал ФПГ. Після цього фільтруємо отриманий сигнал для подальшого його застосування в системах виявлення медичних показників. Потім отримані результати заносимо до біометричної бази даних [7]. Описані методи є недосконалими та потребують більш детального вивчення та адаптації для використання в медичних системах.

## **ВИСНОВОК**

В даній статті було доведено важливість біометричної ідентифікації людини шляхом вимірювання й оцінки її фізіологічних характеристик. Наведено типи біометричних сигналів, їх відмінності, а також які фізіологічні особливості відносяться до статичних та динамічних біометричних даних. Визначено основні методи дослідження сигналів фотоплетизмограми, а саме: дослідження за допомогою фоторезистора, пульсометра. Отримано амплітуду коливань ФПГ сигналу. Також, розглянуто приклад мобільного датчику, який може реєструвати ФПГ сигнал та аналізувати його в додатку для мобільних пристроїв, що дозволить інтегрувати його в медичні системи.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Яковенко І. О., Рудий О. Д., Турчина М. О. «Улучшение надежности анализа электрокардиограмм для биометрической личной идентификации». Перспективные технологические и прилады. № 15, с. 125-130, 2019 DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2313-5352-2019-15-18>
- [2] Яковенко І. О., Мартиненко В. І. «Биометрическая идентификация на основе фотоплетизмограмм для автоматизированных медицинских систем». Перспективные технологические и прилады № 15, с. 120-124, 2019 DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2313-5352-2019-15-17>
- [3] Lehrer, P. M. (2007). Biofeedback training to increase heart rate variability. In P. M. Lehrer, R. M. Woolfolk, & W. E. Sime (Eds.). Principles and practice of stress management (3rd ed.). New York: The Guilford Press.
- [4] Измерения ЭКГ и ФПГ с помощью MAX86150. Terra electronica. Режим доступа: <https://www.terraelectronica.ru/news/5726>
- [5] І.О. Яковенко, К.П. Вонсевич, І.Є. Гребень "Метод виділення ітерацій пульсових хвиль фотоплетизмограми для біометричної ідентифікації", Наукові вісті КПІ : міжнародний науковотехнічний журнал, № 3(2020), С. 73–78, 2020. DOI: 10.20535/kpi-sn.2020.3.209881
- [6] Yang, J., Huang, Y., Huang, F., & Yang, G. (2020). Photoplethysmography Biometric Recognition Model Based on Sparse Softmax Vector and k-Nearest Neighbor. Journal of Electrical and Computer Engineering, 2020, 1–9. doi:10.1155/2020/9653470
- [7] Sancho, J., Alesanco, Á., & García, J. (2018). Biometric Authentication Using the PPG: A Long-Term Feasibility Study. Sensors, 18(5), 1525. doi:10.3390/s18051525

**Наук. керівник - асистент Яковенко І.О.**